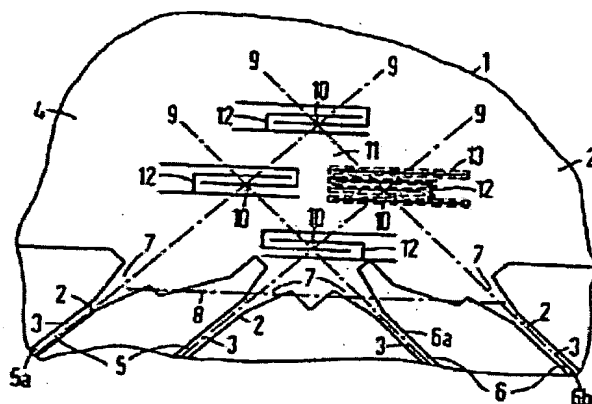


## Planar optical switching matrix

**Patent number:** DE3602653  
**Publication date:** 1987-07-30  
**Inventor:** BUELOW HENNING (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G02F1/19; G02F1/21; G02B6/26; G02B6/12  
- **European:** G02B6/12C2B, G02B6/35E, G02F1/313  
**Application number:** DE19863602653 19860129  
**Priority number(s):** DE19863602653 19860129

### Abstract of DE3602653

Strip-shaped optical waveguides are connected at one end to a coplanar optically conducting layer and arranged such that the axes of the optical waveguides cross over in the region of the layer. With the aid of interdigital electrode arrangements provided on the layer in the crossing regions, reflection or transmission grids are produced in the layer which deflect optical signals irradiated into the layer from an optical wave guide in the direction towards the opening region of another optical waveguide. In the de-energised electrode state, by contrast, the optical signals irradiated into the layer from a strip waveguide die out in the layer. In this way, advantageously unambiguous coupling relationships are obtained between two strip waveguides.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3602653 A1

(21) Aktenzeichen: P 36 02 653.0  
(22) Anmeldetag: 29. 1. 86  
(43) Offenlegungstag: 30. 7. 87

(51) Int. Cl. 4:  
G02 F 1/19  
G 02 F 1/21  
G 02 B 6/26  
G 02 B 6/12

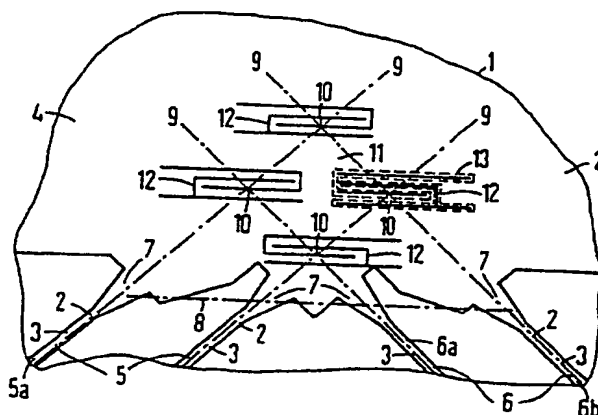
DE 3602653 A1

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

(72) Erfinder:  
Bülow, Henning, 1000 Berlin, DE

(54) Planares optisches Koppelfeld

Streifenförmige Lichtwellenleiter sind einander an eine koplanare optisch leitende Schicht angeschlossen und so angeordnet, daß sich die Achsen der Lichtwellenleiter im Bereich der Schicht überkreuzen. Mit Hilfe von auf der Schicht in den Kreuzungsbereichen vorgesehenen interdigitalen Elektrodenanordnungen werden in der Schicht Reflexions- oder Transmissionsgitter erzeugt, die aus einem Lichtwellenleiter in die Schicht eingestrahlte optische Signale in Richtung auf den Mündungsbereich eines anderen Lichtwellenleiters ablenken. Im spannungslosen Elektrodenzustand laufen sich dagegen die von einem Streifenleiter her in die Schicht eingestrahlt optischen Signale in der Schicht tot. Auf diese Weise werden vorteilhaft eindeutige Koppelverhältnisse zwischen zwei Streifenleitern hergestellt.



DE 3602653 A1

BEST AVAILABLE COPY

1. Planares optisches Koppelfeld mit streifenförmigen Lichtwellenleitern, bei dem wenigstens zwei in einer Ebene verlaufende Lichtwellenleiter in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet sind und im Bereich des Schnittpunktes der Achsen der beiden Lichtwellenleiter eine von einer Elektrodenkonfiguration überdeckte Zone vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die streifenförmigen Lichtwellenleiter (3) jeweils mit einem Ende mit einer optisch leitenden, elektrooptisch aktivierbaren und zu den Lichtwellenleitern (3) koplanaren Schicht (4) derart verbunden sind, daß sämtliche Mündungen der Lichtwellenleiter (3) in die Schicht (4) jeweils außerhalb der Zielrichtung der Achse (9) einer der streifenförmigen Lichtwellenleiter (3) liegen.
2. Koppelfeld nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Gruppen von jeweils zueinander parallel angeordneten streifenförmigen Lichtwellenleitern (5, 6) vorgesehen sind.
3. Koppelfeld nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch die Verwendung eines interdigitalen Elektrodensystems mit ungleichen Abständen der Elektrodenfinger voneinander und/oder mit gebogenen Elektrodenfingern als Elektrodenkonfiguration.
4. Koppelfeld nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Mündungsbereichen der streifenförmigen Lichtwellenleiter (3) fleckaufweitende Elemente (7) vorgesehen sind.
5. Koppelfeld nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Schicht (4) von einem streifenförmigen Lichtwellenleiter (3) zu einem Achsenschnittpunkt (10) und von diesem zu einem anderen Lichtwellenleiter (3) verlaufenden Lichtwege jeweils gleichlang bemessen sind.
6. Koppelfeld nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenfinger der einzelnen Elektrodenkonfigurationen von der Schicht (4) jeweils durch eine oder mehrere dielektrische Zwischenschichten (13) derart getrennt vorgesehen sind, daß dadurch neben einer Verminderung des dämpfenden Einflusses der Elektroden auf die Schicht (4) eine effektive Verstärkung der in die Schicht (4) induzierten Gitter bei unveränderter Elektrodenspannung erhalten wird.
7. Koppelfeld nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Verwendung einer  $\text{LiNbO}_3$ -Schicht zum Aufbau des Koppelfeldes mit nahezu senkrecht zur Lichttransportebene vorgesehener C-Kristallachse und durch die Verwendung elektrooptisch in die optisch aktive Schicht induzierten Reflexionsgittern.
8. Koppelfeld nach einem der Ansprüche 1–6, gekennzeichnet durch die Verwendung einer  $\text{LiNbO}_3$ -Schicht zum Aufbau des Koppelfeldes mit nahezu parallel zur Transportebene der Lichtsignale angeordneter C-Kristallachse und durch die Verwendung elektrooptisch in die optisch aktive Schicht induzierten Transmissionsgittern.

Die Erfindung bezieht sich auf ein planares optisches Koppelfeld mit streifenförmigen Lichtwellenleitern, bei dem wenigstens zwei in einer Ebene verlaufende Lichtwellenleiter in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet sind und im Bereich des Schnittpunktes der Achsen der beiden Lichtwellenleiter eine von einer Elektrodenkonfiguration überdeckte Zone vorgesehen ist.

Ein solches Koppelfeld ist z.B. aus der DE-OS 33 22 508 als optisch einmodige Streifenwellenleiterkreuzung oder aus dem Aufsatz "Optical Channel Waveguide Switch and Coupler using Total Internal Reflection" abgedruckt in IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-14, No. 7, July 1978, S. 513–516, insbesondere Fig. 1 bekannt. Wenn dort die Elektrodenkonfiguration spannungslos ist, dann gelangt dennoch ein Teil der über einen Streifenwellenleiter der Kreuzung zugeführten Lichtleistung in den stumpfwinklig abzweigenden Streifenwellenleiter der Anordnung, d. h. bei fehlender Elektrodenspannung ist kein eindeutiger Schaltzustand ohne weiteres zu realisieren.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es daher, ein Koppelfeld der eingangs genannten Art so auszubilden, daß bei fehlender Elektrodenspannung ein eindeutiger optischer Schaltzustand erzielbar ist, d. h. keine optische Energie in unerwünschter Weise in einen abgehenden Lichtwellenleiter eingespeist wird.

Erfindungsgemäß ergibt sich die Lösung dieser Aufgabe dadurch, daß die streifenförmigen Lichtwellenleiter jeweils mit einem Ende an eine optisch leitende, elektrooptisch aktivierbare und zu den Lichtwellenleitern koplanare Schicht derart angeschlossen sind, daß sämtliche Mündungen der Lichtwellenleiter in die Schicht jeweils außerhalb der Zielrichtung der Achsen der einzelnen Lichtwellenleiter liegen.

Im spannungslosen Zustand der Elektrodenkonfiguration wird daher die ankommende Lichtleistung lediglich in die lichtleitende Schicht eingestrahlt, ohne zur Mündung eines abgehenden streifenförmigen Lichtwellenleiters zu gelangen, so daß ein optischer Schalter ohne Verwendung mechanisch bewegbarer Teile erhalten wird, bei dem im Ein- und Auszustand jeweils eindeutige Verhältnisse vorliegen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß zwei Gruppen von jeweils zueinander parallel angeordneten streifenförmigen Lichtwellenleitern vorgesehen sind.

Auf diese Weise durchläuft die über einen Streifenwellenleiter ankommende und in die optisch leitende Schicht eingestrahelte Lichtleistung nacheinander z.B. zwei Zonen, in denen auf elektrooptischem Wege, nämlich mit Hilfe von Elektrodenkonfigurationen, Beugungsgitter induziert werden können, so daß die über einen ankommenden streifenförmigen Lichtwellenleiter in die Schicht eingestrahelte Lichtleistung wahlweise, je nachdem welche Elektrodenkonfiguration an Spannung gelegt ist, in einen ersten oder einen zweiten abgehenden Streifenlichtwellenleiter abgelenkt werden kann. Dadurch kann vorteilhaft z.B. eine Sendeeinrichtung wahlweise mit einem ersten Empfänger oder einem zweiten Empfänger verbunden werden.

Ferner kann im Rahmen der Erfindung die Verwendung eines interdigitalen Elektrodensystems mit ungleichen Abständen der Elektrodenfinger voneinander und/oder mit gebogenen Elektrodenfingern als Elektrodenkonfiguration vorgesehen sein und/oder daß in den

Mündungsbereichen der streifenförmigen Lichtwellenleiter fleckaufweitende Elemente vorgesehen sind.

Hierdurch können die optischen Verhältnisse des Koppelfeldes noch weiter verbessert werden.

Weiter kann im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, daß die in der Schicht von einem streifenförmigen Lichtwellenleiter zu einem Achsenschnittpunkt und von diesem zu einem anderen Lichtwellenleiter verlaufenden Lichtwege jeweils gleichlang bemessen sind.

Hierdurch läßt sich der Koppelwirkungsgrad zwischen ankommenden und abgehenden Streifenwellenleitern noch günstiger gestalten.

Eine weitere Ausbildung der Erfindung ist darin zu sehen, daß die Elektrodenfinger der einzelnen Elektrodenkonfigurationen von der Schicht jeweils durch eine oder mehrere dielektrische Zwischenschichten derart getrennt vorgesehen sind, daß dadurch neben einer Verminderung des dämpfenden Einflusses der Elektroden auf die Schicht eine effektive Verstärkung der in die Schicht induzierten Gitter bei unveränderter Elektrodenspannung erhalten wird.

Schließlich kann noch die Verwendung einer  $\text{LiNbO}_3$ -Schicht zum Aufbau des Koppelfeldes mit nahezu senkrecht zur Lichttransportebene vorgesehener C-Kristallachse und die Verwendung elektrooptisch in die optisch aktive Schicht induzierten Reflexionsgittern vorgesehen sein, oder die Verwendung einer  $\text{LiNbO}_3$ -Schicht zum Aufbau des Koppelfeldes mit nahezu parallel zur Transportebene der Lichtsignale angeordneter C-Kristallachse und die Verwendung elektrooptisch in die optisch aktive Schicht induzierten Transmissionsgittern.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand einer Figur noch näher erläutert.

Die Figur zeigt in schematischer Darstellung und vergrößert eine Ansicht von oben auf den Ausschnitt eines planaren Substrates 1. Bei dem Substrat 1 handelt es sich z.B. um eine aus Lithiumniobat bestehende Schicht, in welcher durch Eindiffundierung von Titan Zonen 2 mit erhöhter Brechzahl ausgebildet sind, die streifenförmige Lichtwellenleiter 3 und eine sich über eine größere Fläche erstreckende lichtleitende Schicht 4 bilden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel bilden zwei streifenförmige Lichtwellenleiter 5 eine Gruppe und zwei weitere streifenförmige Lichtwellenleiter 6 eine andere Gruppe.

Bei beiden Gruppen verlaufen die Lichtwellenleiter jeweils parallel zueinander, außerdem ist der Abstand der Lichtwellenleiter 5 der einen Gruppe voneinander gleich groß wie der Abstand der Lichtwellenleiter 6 der anderen Gruppe.

Die Lichtwellenleiter 5 einerseits und 6 andererseits verlaufen in einem bestimmten Winkel geneigt zueinander und münden mit einem Ende in die lichtleitende Schicht 4, wobei in Mündungsbereichen der Lichtwellenleiter 5, 6 trichterförmig sich aufweitende Übergangszonen 7 vorgesehen sind.

Die Übergangszonen 7 der Lichtwellenleiter 5, 6 liegen alle auf einer Geraden 8, außerdem sind die Lichtwellenleiter 5 der einen Gruppe von den Lichtwellenleitern 6 der anderen Gruppe so getrennt und für sich zusammengefaßt vorgesehen, daß die in die Schicht 4 hinein verlängerten Achsen 9 der Lichtwellenleiter 5, 6 sich im Bereich der Schicht 4 kreuzen und die Kreuzungspunkte 10 vorzugsweise die Ecken einer Raute 11 bilden.

Oberhalb eines jeden Kreuzungspunktes 10 ist eine z.B. durch Bedampfung des Substrates 1 mit Elektroden-

material hergestellte interdigitale Elektrodenanordnung 12 vorgesehen.

Durch Anlegen einer Spannung an eine solche Elektrodenanordnung 12 wird auf elektrooptischem Wege in die Schicht 4 ein Brechzahlgitter induziert, das die z.B. von einem Lichtwellenleiter 5 in die Schicht 4 in Richtung auf einen Kreuzungspunkt 10 eingestrahlte Lichtleistung auf die Übergangszone 7 eines Lichtwellenleiters 6 umlenkt.

So kann z.B. vom Lichtwellenleiter 5a in die Schicht 4 eingestrahlte Lichtleistung wahlweise entweder in den Lichtwellenleiter 6a oder in den Lichtwellenleiter 6b umgelenkt werden, je nachdem welche Elektrodenanordnung an Spannung gelegt wird. Unter Verwendung gleichausgebildeter Übergangszonen 7 ist eine 1 : 1 Abbildung der optischen Felder und damit ein hoher Koppelwirkungsgrad zwischen den Lichtwellenleitern 5, 6 erreichbar, wenn die Lichtwege zwischen einer Übergangszone 7 und einem Kreuzungspunkt 10 jeweils gleich lang bemessen werden.

Anstelle der in der Figur angedeuteten trichterförmig sich aufweitenden Übergangszone 7 können auch planare Linsen, Fresnellinsen, durch Elektrodenstrukturen elektrooptisch in den Mündungsbereich der streifenförmigen Lichtwellenleiter 3 induzierte oder durch dielektrische Schichtfolgen erzeugte chirped-Linsen, oder auch geodätische Linsen vorgesehen werden.

All diese Mittel dienen dazu, um die elektrooptisch induzierten Beugungsgitter in der Schicht 4 optimal zu beleuchten bzw. die von diesen Beugungsgittern abgelenkte Lichtleistung wieder optimal in einen abgehenden Lichtwellenleiter einzuspeisen.

Die in die Schicht 4 induzierten Gitter können sowohl Transmissions- als auch Reflexionsgitter sein, insbesondere homogene Gitter mit geraden, zueinander parallelen Gitterlinien, die untereinander gleiche Abstände aufweisen. Es können aber auch sogenannte chirped-Gitter vorgesehen werden, mit geraden, zueinander parallelen Gitterlinien, die jedoch voneinander unterschiedliche Abstände aufweisen, oder krummlinige Gitter mit gebogenen Gitterlinien variablen Abstandes.

Ein Koppelfeld auf Lithiumniobatabasis, das für eine Wellenlänge  $1,3 \mu$  dimensioniert ist, weist bei einem  $5 \mu$ -Abstand der Elektrodenfinger voneinander einen Beugungswinkel  $\theta$  von ca.  $3,3^\circ$  auf. Bei einer an einer Elektrodenanordnung liegenden Spannungsdifferenz von 20 V ist dann jedes Gitter und jede trichterförmig aufgeweitete Übergangszone etwa 5 mm lang zu machen.

Jede interdigitale Elektrodenanordnung kann entweder direkt auf das Substrat 1 aufgebracht oder durch eine oder mehrere dielektrische Zwischenschichten 13 vom Lithiumniobat getrennt vorgesehen werden, wodurch der dämpfende Einfluß der Elektrodenanordnung auf die Schicht 4 vermindert und/oder die effektive Stärke der in die Schicht 4 induzierten Gitter trotz unveränderter Elektrodenspannung infolge einer dadurch bewirkten Konzentration des optischen Feldes unterhalb der Elektroden vergrößert wird.

3602653



Number:

Int. Cl.4:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

36 02 653

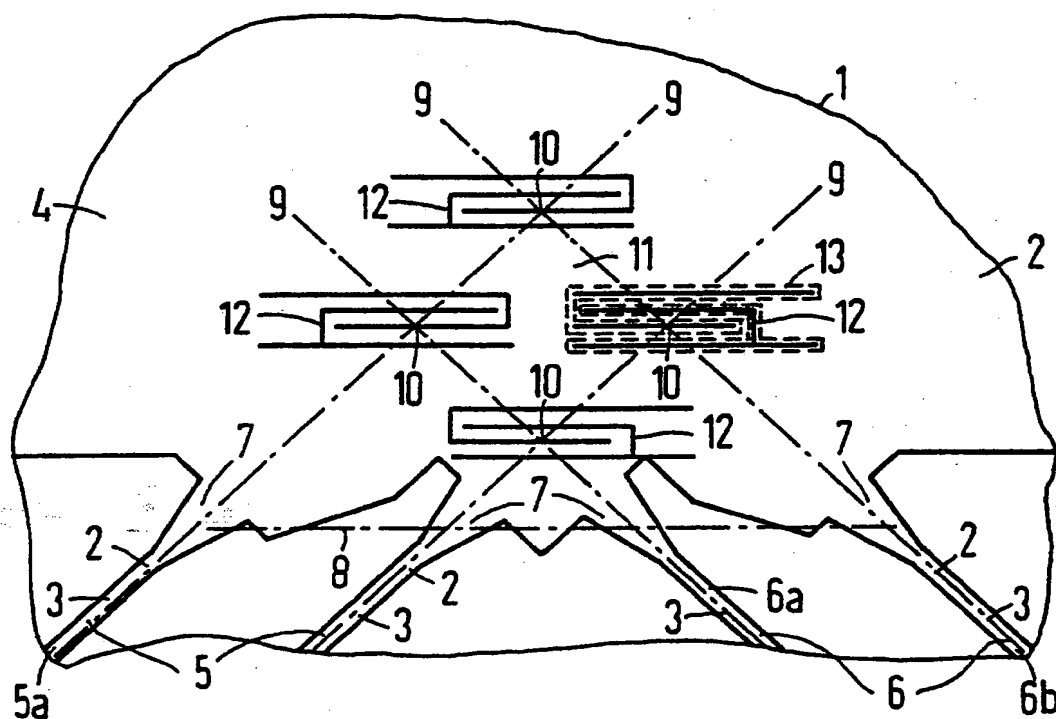
G 02 F 1/19

29. Januar 1986

30. Juli 1987

1/1

86 P 8 0 0 3 DE



BEST AVAILABLE COPY

708 831/399